

METHOD FOR GROWING RIBBON-SHAPED SILICON CRYSTAL AND APPARATUS FOR GROWING THE SAME

Publication number: JP2001172098

Publication date: 2001-06-26

Inventor: NOTAKI TOMOHIRO; YOSHIDA MITSUHIRO

Applicant: MITSUBISHI HEAVY IND LTD

Classification:

- international: **C30B29/06; C30B30/04; C30B29/06; C30B30/00;**
(IPC1-7): C30B29/06; C30B30/04

- European:

Application number: JP19990359291 19991217

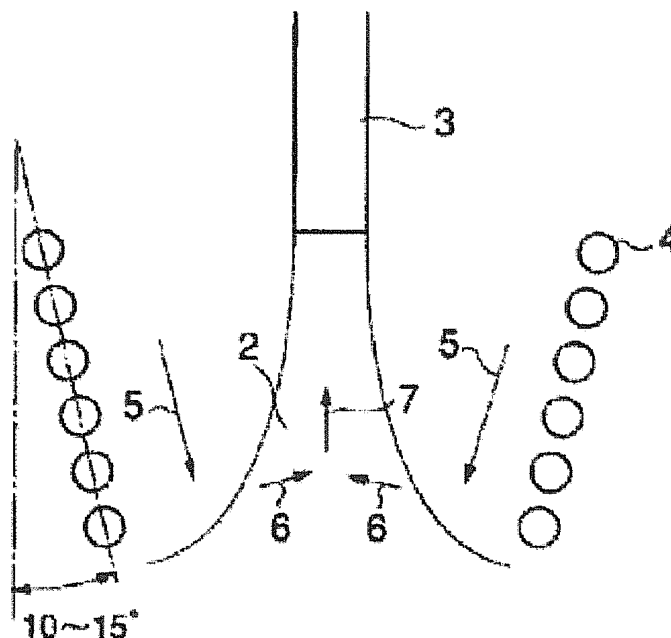
Priority number(s): JP19990359291 19991217

Report a data error here

Abstract of JP2001172098

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for growing a ribbon-shaped silicon crystal by which the shape (width and thickness) of the ribbon-shaped silicon crystal can be arbitrarily regulated and the width of the ribbon-shaped crystal can be widened.

SOLUTION: This method for growing the ribbon-shaped silicon crystal is characterized in that a compressing force directed from the outer periphery to the interior is allowed to act on the silicon molten liquid part at the vicinity of the interface contacting with the seed crystal, and further the force for lifting up the silicon molten liquid upward is added when growing the ribbon-shaped silicon crystal by bringing the seed crystal of the ribbon-shaped silicon into contact with the silicon molten liquid in a crucible, and pulling the seed crystal at a desired speed to grow the ribbon-shaped silicon crystal.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-172098

(P2001-172098A)

(43)公開日 平成13年6月26日(2001.6.26)

(51)Int.Cl.⁷

C 3 0 B 29/06
30/04

識別記号

5 0 3

F I

C 3 0 B 29/06
30/04

テームト* (参考)

5 0 3 4 G 0 7 7

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平11-359291

(22)出願日

平成11年12月17日(1999.12.17)

(71)出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72)発明者 野瀬 友博

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(72)発明者 吉田 光宏

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号

三菱重工業株式会社広島研究所内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

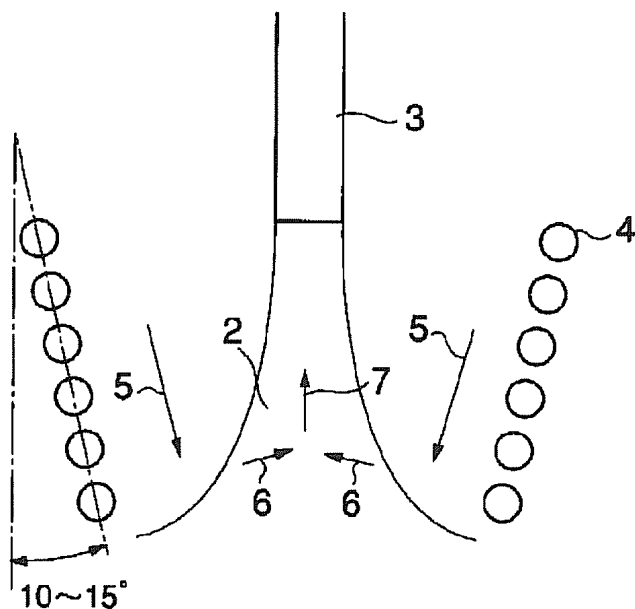
Fターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CF03 EG27 EJ02

(54)【発明の名称】 リボン型シリコン結晶の成長方法およびその成長装置

(57)【要約】

【課題】 リボン型シリコン結晶の形状(幅及び厚み)を任意に制御することが可能で、かつリボン型シリコン結晶の幅を広げることが可能なリボン型シリコン結晶の成長方法を提供しようとするものである。

【解決手段】 るつぼ内のシリコン融液にリボン型シリコン種結晶を接触させるとともに、この種結晶を所望の速度で引き上げてリボン型シリコン結晶を成長させるに際し、前記種結晶と接する界面付近の前記シリコン融液部分に電磁力により外周から内部に向かう圧縮力を作作用させるとともに、前記シリコン融液を上方に向けて持ち上げる力を加えることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 るつぼ内のシリコン融液にリボン型シリコン種結晶を接触させるとともに、この種結晶を所望の速度で引き上げてリボン型シリコン結晶を成長させるに際し、前記種結晶と接する界面付近の前記シリコン融液部分に電磁力により外周から内部に向かう圧縮力を作用させるとともに、前記シリコン融液を上方に向けて持ち上げる力を加えることを特徴とするリボン型シリコン結晶の成長方法。

【請求項 2】 シリコン融液が収容されるるつぼと、前記シリコン融液にリボン型シリコン種結晶を接触させて所望の速度で引き上げるための引き上げ手段と、前記種結晶と接する界面付近の前記シリコン融液部分を囲むように配置され、前記種結晶と前記シリコン融液との接触角に合せて上方に向けて拡口された高周波コイルとを具備したことを特徴とするリボン型シリコン結晶の成長装置。

【請求項 3】 シリコン融液が収容されるるつぼと、前記シリコン融液にリボン型シリコン種結晶を接触させて所望の速度で引き上げるための引き上げ手段と、前記種結晶と接する界面付近の前記シリコン融液部分を囲むように配置され、下方に位置する程コイル間隔を密にした高周波コイルとを具備したことを特徴とするリボン型シリコン結晶の成長装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、リボン型シリコン結晶の成長方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、所定の厚さのリボン型シリコン結晶を成長させる方法としては、例えば特許第 1230908 号に開示された EFG (Edge-defined Film-fed Growth) 法、特許第 2551441 号に開示されたデンドライト法等が知られている。

【0003】 EFG 法は、石英るつぼ内で多結晶シリコンを融解して融液を作り、この融液内に融液と反応し難くかつ融液により変形し難い材料からなるダイを設けた後、このダイの融液に種結晶をなじませ、さらにこの種結晶を所望の速度で徐々に引き上げることによって一定幅、厚さを有する板状結晶を成長させる方法である。しかしながら、この EFG 法はダイを使用するため、結晶中に不純物が混入し易いという問題があった。

【0004】 デンドライト法は、リボン型結晶の幅を規定するために結晶端部に 2 本のデンドライトを成長させ、その間にリボン結晶を成長させる方法である。このとき、デンドライト形状を維持するために、スロット付き蓋により融液表面の温度制御を行っている。しかしながら、このデンドライト法は温度を厳密に制御する必要があり、さらにリボン型結晶は融液の表面張力を利用

し、表面張力と重力のバランスにより維持されるため、成長できる結晶幅には制限があるという問題があった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、リボン型シリコン結晶の形状（幅及び厚み）を任意に制御することが可能で、かつリボン型シリコン結晶の幅を広げてリボン型シリコン結晶の生産効率向上させることが可能なりボン型シリコン結晶の成長方法およびその成長装置を提供するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明に係るリボン型シリコン結晶の成長方法は、るつぼ内のシリコン融液にリボン型シリコン種結晶を接触させるとともに、この種結晶を所望の速度で引き上げてリボン型シリコン結晶を成長させるに際し、前記種結晶と接する界面付近の前記シリコン融液部分に電磁力により外周から内部に向かう圧縮力を作用させるとともに、前記シリコン融液を上方に向けて持ち上げる力を加えることを特徴とするものである。

【0007】 本発明に係るリボン型シリコン結晶の成長装置は、シリコン融液が収容されるるつぼと、前記シリコン融液にリボン型シリコン種結晶を接触させて所望の速度で引き上げるための引き上げ手段と、前記種結晶と接する界面付近の前記シリコン融液部分を囲むように配置され、前記種結晶と前記シリコン融液との接触角に合せて上方に向けて拡口された高周波コイルとを具備したことを特徴とするものである。

【0008】 本発明に係る別のリボン型シリコン結晶の成長装置は、シリコン融液が収容されるるつぼと、前記シリコン融液にリボン型シリコン種結晶を接触させて所望の速度で引き上げるための引き上げ手段と、前記種結晶と接する界面付近の前記シリコン融液部分を囲むように配置され、上部に比べて下部のコイル間隔を密にした高周波コイルとを具備したことを特徴とするものである。

【0009】

【発明の実施の形態】 以下、本発明を詳細に説明する。

【0010】（第 1 の実施形態）図 1 は、この第 1 の実施形態を説明するためのリボン型シリコン結晶の成長装置を示す概略斜視図、図 2 はこの第 1 の実施形態においてある瞬間で発生する磁界および電磁力によりシリコン融液に作用する力を示す図である。

【0011】 例えば石英からなるるつぼ 1 は、底部もしくは周囲に配置されたヒータ等の加熱手段（図示せず）により原料シリコンを熔融したシリコン融液 2 が収容されている。リボン型シリコン種結晶 3 は、前記シリコン融液 2 に接触され、図示しない引き上げ部材により所望の速度で引き上げられる。

【0012】 前記シリコン融液 2 に誘導電流を発生させるための高周波コイル 4 は、前記種結晶 3 と接する界面

付近の前記シリコン融液 2 部分を囲むように配置されている。この高周波コイル 4 は、コイルが等間隔で矩形状に捲回され、かつ前記種結晶 3 と前記シリコン融液 2 との接触角に合せて（考慮して）例えば鉛直方向に対して $10 \sim 15^\circ$ の角度で上方に向けて拡口された形状をなす。つまり、前記高周波コイル 4 は逆台形筒状をなす。

【0013】次に、前述した図 1 に示す成長装置および図 2 を参照してリボン型シリコン結晶の成長方法を説明する。

【0014】るつぼ 1 内のシリコン融液 2 に種結晶 3 を接触させて、図示しない引き上げ部材により所定の速度、例えば $2 \sim 5 \text{ mm/min}$ で引き上げ、結晶成長を開始する。この結晶引き上げと同時に、高周波コイル 4 に所望の高周波電力、例えば周波数 $10 \sim 20 \text{ kHz}$ 、電流値 $15 \sim 20 \text{ A}$ 、電圧 $200 \sim 300 \text{ V}$ を印加すると、前記高周波コイル 4 は前記種結晶 3 と前記シリコン融液 2 との接触角に合せて上方に向けて拡口された形状をなすため、図 2 に示すように前記高周波コイル 4 の内側にそのコイル 4 に沿う下向きの磁界 5 が発生する。このような磁界 5 が発生すると、種結晶 3 と接触する界面付近のシリコン融液 2 において誘導電流が発生し、前記界面付近のシリコン融液 2 に外周から内部に向かう電磁力 6 が働く。この電磁力 6 は、前記シリコン融液 2 に圧縮力として作用するため、前記高周波コイル 4 に印加する高周波電力を制御することにより、前記種結晶 3 で引き上げられるリボン型シリコン結晶の形状（幅及び厚み）を任意に制御することができる。

【0015】さらに、前記電磁力 6 により前記シリコン融液 2 に上方に持ち上げる力（上向きの力）7 が作用される。この上向きの力 7 が働くと、引き上げられるシリコン結晶における重力方向の力が軽減されるために、保持できるシリコン結晶の幅を広くすることができる。すなわち、数百 μm 程度の厚さのリボン型シリコン結晶を成長させるためには、シリコン融液の表面張力により一旦膜を形成し、結晶化させる必要がある。保持できるシリコン膜の幅は、シリコン融液の表面張力と重力によって決定されるために、成長できるリボン型シリコン結晶の幅の広さは制限を受ける。このようなシリコン融液の表面張力と重力との関係において、前述したように電磁力 6 により前記シリコン融液 2 に対して上向きの力 7 を作用させることによって、シリコン結晶の幅の広がりを制限する要因である重力方向の力を軽減できるため、保持できるシリコン結晶の幅を広くすることができる。その結果、リボン型シリコン結晶の生産効率を向上することができる。

【0016】したがって、本発明の第 1 の実施形態によればシリコン融液 2 にリボン型シリコン種結晶 3 を接触させ、所望の速度で引き上げる際、前記種結晶 3 と接する界面付近の前記シリコン融液 2 部分に電磁力 6 により外周から内部に向かう圧縮力を作用させるとともに、前

記シリコン融液 2 を上方に向けて持ち上げる力 7 を加えることによって、保持できるシリコン結晶の幅を広くすることができる。その結果、リボン型シリコン結晶の生産効率を向上でき、しかも高周波コイル 4 に印加する高周波電力を制御することにより前記種結晶 3 で引き上げられるリボン型シリコン結晶の形状（幅及び厚み）を任意に制御することができる。

【0017】（第 2 の実施形態）図 3 は、本発明の第 2 の実施形態によるリボン型シリコン結晶の成長装置を示す概略斜視図、図 4 は本発明の第 2 の実施形態において、ある瞬間で発生する磁界および電磁力によりシリコン融液に作用する力を示す図である。

【0018】例えば石英からなるるつぼ 11 は、底部もしくは周囲に配置されたヒータ等の加熱手段（図示せず）により原料シリコンを溶融したシリコン融液 12 が収容されている。リボン型シリコン種結晶 13 は、前記シリコン融液 12 に接触され、図示しない引き上げ部材により所望の速度で引き上げられる。

【0019】前記シリコン融液 12 に誘導電流を発生させるための高周波コイル 14 は、前記種結晶 3 と接する界面付近の前記シリコン融液 12 部分を囲むように配置されている。この高周波コイル 14 は、コイルが矩形状に捲回され、かつ下方に位置する程コイル間隔を密にした形状をなす。具体的には、下部のコイル間隔は上部のコイル間隔の $1/5 \sim 1/2$ 倍にすることが好ましい。

【0020】次に、前述した図 3 に示す成長装置および図 4 を参照してリボン型シリコン結晶の成長方法を説明する。

【0021】るつぼ 11 内のシリコン融液 12 に種結晶 13 を接触させて、図示しない引き上げ部材により所定の速度、例えば $2 \sim 5 \text{ mm/min}$ で引き上げ、結晶成長を開始する。この結晶引き上げと同時に、高周波コイル 14 に所望の高周波電力、例えば周波数 $10 \sim 20 \text{ kHz}$ 、電流値 $15 \sim 20 \text{ A}$ 、電圧 $200 \sim 300 \text{ V}$ を印加すると、図 4 に示すように前記高周波コイル 14 の内側にそのコイル 14 に沿う下向きの磁界 15 が発生する。このような磁界 15 が発生すると、種結晶 13 と接触する界面付近のシリコン融液 12 において誘導電流が発生し、前記界面付近のシリコン融液 12 に外周から内部に向かう電磁力 16 が働く。この電磁力 16 は、前記シリコン融液 12 に圧縮力として作用するため、前記高周波コイル 14 に印加する高周波電力を制御することにより、前記種結晶 13 で引き上げられるリボン型シリコン結晶の形状（幅及び厚み）を任意に制御することができる。

【0022】さらに、前記高周波コイル 14 は下方に位置する程、コイル間隔が密になっているため、前記シリコン融液 12 に作用する電磁力 16 は下方になるほど大きくなる。その結果、前記電磁力 16 により前記シリコ

ン融液 12 に上方に持ち上げる力（上向きの力）17 が作用される。この上向きの力 17 が働くことによって、前述したシリコン結晶の幅の広がり制限する要因である引き上げられるシリコン結晶の重力方向の力を軽減できるため、保持できるシリコン結晶の幅を広くすることができる。その結果、リボン型シリコン結晶の生産効率を向上することができる。

【0023】したがって、本発明の第 2 の実施形態によればシリコン融液 12 にリボン型シリコン種結晶 13 を接触させ、所望の速度で引き上げる際、前記種結晶 13 と接する界面付近の前記シリコン融液 12 部分に電磁力 16 により外周から内部に向かう圧縮力を作用させるとともに、前記シリコン融液 12 を上方に向けて持ち上げる力 17 を加えることによって、保持できるシリコン結晶の幅を広くすることができる。その結果、リボン型シリコン結晶の生産効率を向上でき、しかも高周波コイル 14 に印加する高周波電力を制御することにより前記種結晶 13 で引き上げられるリボン型シリコン結晶の形状（幅及び厚み）を任意に制御することができる。

【0024】

【実施例】以下、好ましい実施例を詳細に説明する。

【0025】（実施例 1）前述した図 1 に示すリボン型シリコン結晶の成長装置を用い、下記の条件でリボン型シリコン多結晶を成長させた。

【0026】＜成長条件＞

るつば；直径 120 mm、
融液；シリコン融液（融点近傍の温度）、
高周波コイルの巻数；6 巻、
上方に向けて拡口させた高周波コイルの鉛直方向に対する角度；約 11° 、
高周波コイルへの供給電力；周波数 20 kHz、電流 17 A、電圧 260 V、
種結晶；幅 100 mm、厚さ 600 μ m のリボン型単結晶シリコン、
種結晶の引き上げ速度；2.5 mm/min。

【0027】成長された結晶は、粉末 X 線回折法により多結晶であることが確認された。

【0028】また、成長されたリボン型シリコン多結晶は 100 mm と広い幅を有することが確認された。

【0029】（実施例 2）前述した図 3 に示すリボン型シリコン結晶の成長装置を用い、下記の条件でリボン型シリコン多結晶を成長させた。

【0030】＜成長条件＞

るつば；直径 120 mm、
融液；シリコン融液（融点近傍の温度）、
高周波コイルの巻数；6 巻、
高周波コイルにおける下部間隔；1 mm、
高周波コイルにおける上部間隔；3 mm、
高周波コイルへの供給電力；周波数 20 kHz、電流 19 A、電圧 280 V、
種結晶；幅 100 mm、厚さ 600 μ m のリボン型単結晶シリコン、
種結晶の引き上げ速度；2.5 mm/min。

【0031】成長された結晶は、粉末 X 線回折法により多結晶であることが確認された。

【0032】また、成長されたリボン型シリコン多結晶は 100 mm と広い幅を有することが確認された。

【0033】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、リボン型シリコン結晶の形状（幅及び厚み）を任意に制御することが可能で、かつリボン型シリコン結晶の幅を広げてリボン型シリコン結晶の生産効率を向上させることが可能で、太陽電池の光電変換部材などに有効に利用できるリボン型シリコン結晶の成長方法を提供できる。

【0034】また、本発明によれば前記幅広等の特徴を持つリボン型シリコン結晶の成長を実現し得る簡便な構造を有するリボン型シリコン結晶の成長装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態によるリボン型シリコン結晶の成長装置を示す概略斜視図。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態において、ある瞬間で発生する磁界および電磁力によりシリコン融液に作用する力を示す図。

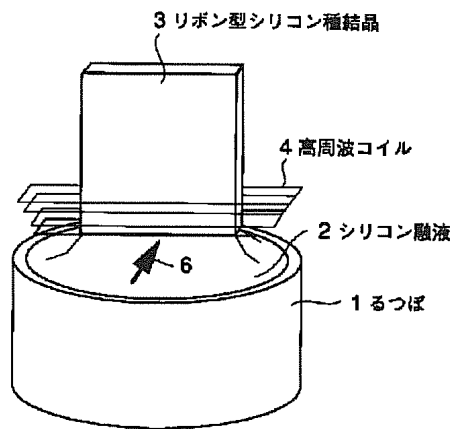
【図 3】本発明の第 2 の実施形態によるリボン型シリコン結晶の成長装置を示す概略斜視図。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態において、ある瞬間で発生する磁界および電磁力によりシリコン融液に作用する力を示す図。

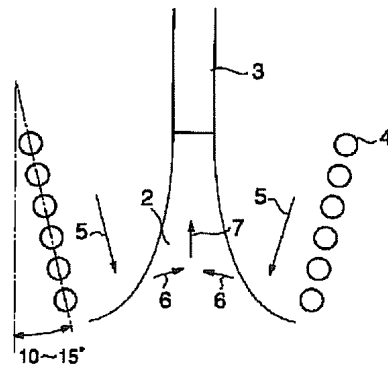
【符号の説明】

- 1, 11…るつば、
- 2, 12…シリコン融液、
- 3, 13…リボン型シリコン種結晶、
- 4, 14…高周波コイル、
- 6, 16…電磁力、
- 7, 17…上向きの力。

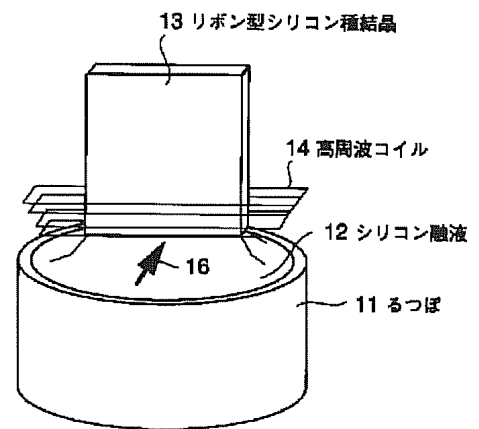
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

